

(19) BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

(12) **Patentschrift**
(11) DE 35 19 163 C2

(21) Aktenzeichen: P 35 19 163.5-32
(22) Anmeldetag: 29. 5. 85
(23) Offenlegungstag: 4. 12. 86
(25) Veröffentlichungstag der Patenterteilung: 26. 3. 87

(51) Int. Cl. 4:
H 01 T 1/24
C 22 C 27/04
A 61 B 17/22
C 22 C 1/04
B 22 F 7/02

DE 35 19 163 C2

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

(73) Patentinhaber:

Dornier System GmbH, 7990 Friedrichshafen, DE

(74) Vertreter:

Landsmann, R., Dipl.-Ing., PAT.-ASS., 7990
Friedrichshafen

(72) Erfinder:

Härdtle, Sylvia; Schmidberger, Rainer, Dr., 7775
Markdorf, DE

56 Im Prüfungsverfahren entgegengehaltene
Druckschriften:

DE-PS 26 35 635

DE-PS 23 51 247

DE-OS 32 26 648

DD-B.: Eisenkolb, F., Fortschritte der
Pulvermetallurgie, Bd.II, 1963, S. 400, 401



(54) Elektrodenmaterial für eine Funkenstrecke

Verwendung einer gesinterten mehrphasigen Wolframal-
gierung als Elektrodenmaterial für eine Funkenstrecke zur
Erzeugung von Stoßwellen.

DE 35 19 163 C2

Patentansprüche

1. Verwendung einer gesinterten, mehrphasigen Wolframlegierung mit hohem Wolframanteil, wobei Wolfram in Form sehr kleiner Körner mit einem mittleren Durchmesser kleiner 5 µm vorliegt, die von einer dünnen Schicht einer Binderlegierung auf Nickelbasis umhüllt sind, als Elektrodenmaterial für eine Funkenstrecke zur Erzeugung von Stoßwellen, insbesondere in Wasser oder anderen Flüssigkeiten.

2. Verfahren zur Herstellung von Elektrodenmaterial nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß nach dem Festphasensintern eine kurze Wärmebehandlung mit flüssiger Phase durchgeführt wird, bei der die polygonen Wolframkörner abgerundet werden.

3. Verfahren zur Herstellung von Elektrodenmaterial nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Preßlinge aus einem vorlegierten Pulver mit 90% Wolfram, 5% Nickel, 2% Kobalt und 2% Eisen bei 900°C 10 Stunden vorgesintert und im Vakuum bei 1360°C 5 Stunden fertiggesintert werden. 2% Kobalt und 2% Eisen bei 900°C 10 Stunden vorgesintert und im Vakuum bei 1360°C 5 Stunden fertiggesintert werden.

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Elektrodenmaterial für eine Funkenstrecke zur Erzeugung von Stoßwellen für die berührungsreie Zerkleinerung von Konkrementen in Körpern von Lebewesen.

Aus der DE-PS 23 51 247 ist eine Einrichtung zum Zerkleinern von im Körper eines Lebewesens befindlichen Konkrementen mit einer Fokussierkammer bekannt, wobei die Fokussierungskammer ein Teil eines Rotationsellipsoids ist und in deren einem Brennpunkt Stoßwellen durch Funkenentladung erzeugbar sind. Das Konkrement befindet sich im zweiten Brennpunkt. Die Fokussierungskammer ist dabei mit einer Flüssigkeit gefüllt. Mittels einer Funkenstrecke wird durch elektrische Unterwasserfunkenentladung die in einem Kondensator gespeicherte elektrische Energie in mechanische Stoßwellenenergie umgewandelt. Wird die elektrische Unterwasserfunkenentladung in dem Brennpunkt der rotationselliptischen Fokussierungskammer gezündet, so lassen sich nahezu punktförmig im zweiten Brennpunkt Stoßwellen hoher Amplitude (1 Kbar) mit geringen Impulslängen (1 µsec) erzeugen. Die im Körper von Lebewesen befindlichen Konkremeite können mit diesen Stoßwellen in abgangsfähige Bruchstücke zertrümmert werden.

Bekannt ist aus der DE-PS 26 35 635 eine Funkenstrecke mit zwei aus einer Halterung herausragenden Elektroden, wobei eine Elektrode verlängert und über eine Schleife zurückgeführt ist, so daß sich die Elektroden axial gegenüberliegen. Als Material für die Elektrodenspitzen sind u. a. Tantal und Wolfram vorgeschlagen. Die Elektroden unterliegen hohen thermischen und mechanischen Belastungen. Tantal besitzt zwar eine hohe thermische Abbrandfestigkeit, ist jedoch in seiner mechanischen Festigkeit nicht ausreichend für eine hohe Standzeit, d. h. für die Erzeugung einer hohen Zahl von Unterwasserfunkenentladungen. Wolfram hat in diesem speziellen Abwendungsfall aufgrund seiner hohen Sprödigkeit ebenfalls keine hohen Standzeiten. Es wird durch die mechanische Belastung sehr schnell zerstört.

Andere in der Technik gebräuchliche Elektrodenwerkstoffe sind Verbundwerkstoffe, beispielsweise Wolfram-Kupferlegierungen, die die refraktären Eigenschaften von Wolfram mit der guten elektrischen Leitfähigkeit des Kupfers verbinden. Auch diese Werkstoffe sind für die genannten Anwendungen zu spröde und erleiden einen starken mechanischen Abtrag. Diese Werkstoffe besitzen einen Kupferanteil von $\geq 20\%$. Da die Elektroden thermisch hoch belastet werden, bildet sich eine schmelzflüssige Phase von Cu (Schmelzpunkt 1083°C), die von der Oberfläche über eine Tiefe von ca. 100 µm oder mehr in das Innere der Elektrodenspitze reicht. Die Erosion derartiger Schmelzbereiche ist umso stärker, je niedriger der Binderphasenanteil und je höher die Schmelztemperatur der Binderphase ist.

Aus der DE-OS 32 26 648 sind Wuchtgeschosse aus einem vorlegierten Wolframpulver bekannt, die im gesinterten Zustand sehr kleine polygone Wolframkörper (kleiner 5 µm) enthalten, zwischen denen in dünner Schicht ein Matrixmetall verteilt ist. Die Literaturstelle nennt keine elektrischen oder thermischen Eigenschaften wie elektrische oder thermische Leitfähigkeit, Abbrandfestigkeit, Zündverhalten, Zunderverhalten, Korrosions- oder Oxidationsbeständigkeit, die eine Übertragung des Materials von der Wehrtechnik auf Elektroden oder Funkenstrecken nahelegen würden.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Elektrodenmaterial anzugeben, dessen Abbrandfestigkeit gegenüber den bisher verwendeten Stahlelektroden aufgrund hoher thermischer und mechanischer Stabilität wesentlich vergrößert ist, dessen Abbrand gleichmäßig über die Oberfläche verteilt erfolgt, (das keine Materialausbrüche aufweist) und dessen elektrische Leitfähigkeit ausreichend hoch ist ($\geq 10^4 \Omega^{-1} \text{cm}^{-1}$ bei Raumtemperatur).

Diese Aufgabe wird erfundungsgemäß gelöst durch die Verwendung einer gesinterten, mehrphasigen Wolframlegierung mit hohem Wolframanteil, wobei Wolfram in Form sehr kleiner Körner mit einem mittleren Durchmesser kleiner 5 µm vorliegt, die von einer dünnen Schicht einer Binderlegierung auf Nickelbasis umhüllt sind, als Elektrodenmaterial.

Ausgestaltungen der Erfindung sind Gegenstände von Unteransprüchen.

Die erfundungsgemäße Verwendung bereits legierter Wolframschwermetallpulver erlaubt die Herstellung von sehr feinkörnigen gesinterten Wolfram-Schwermetallelektroden, da der Sinterprozeß ohne flüssige Phase erfolgen kann. Diese Elektroden weisen daher eine außerordentlich hohe Streckgrenze und Zugfestigkeit auf. Bei der erfundungsgemäßen Verwendung als Elektrodenmaterial bietet der genannte Werkstoff den Vorteil einer Kombination der hohen thermischen Belastbarkeit des Wolframs mit der hohen mechanischen Festigkeit, die durch den feinkörnigen Verbundwerkstoff mit einer zähen Nickelbasislegierung gegeben ist. Die Feinkörnigkeit des Materials ist dabei in zweifacher Weise von Bedeutung. Einerseits führt die Feinkörnigkeit des gesinterten Materials zu einer Erhöhung der Streckgrenze gegenüber konventionell flüssigphasengesintertem Material (Hall-Petch-Beziehung). Zum anderen sorgt die Feinkörnigkeit des Materials dafür, daß an der Funkeneinschlagstelle die durch den Funken ausgelöste thermische und mechanische Belastung immer über eine Vielzahl von Gefügebestandteilen (Körner) verteilt wird. Im Gegensatz zu grobkörnigem, flüssigphasengesintertem Material, bei dem die Größe der Funkeneinschlagstelle vergleichbar ist zur Gefügegröße, wirkt



EP0204909

[Biblio](#) [Desc](#) [Claims](#) [Drawing](#)

Electrode material for a spar gap assembly.

Patent Number: [EP0204909, B1](#)

Publication date: 1986-12-17

Inventor(s): HARDTLE SYLVIA;; SCHMIDBERGER RAINER DR

Applicant(s): DORNIER SYSTEM GMBH (DE)

Requested Patent: [DE3519163](#)

Application Number: EP19860104346 19860509

Priority Number(s): DE19853519163 19850529

IPC Classification: A61B17/22; C22C1/04; H01T1/24

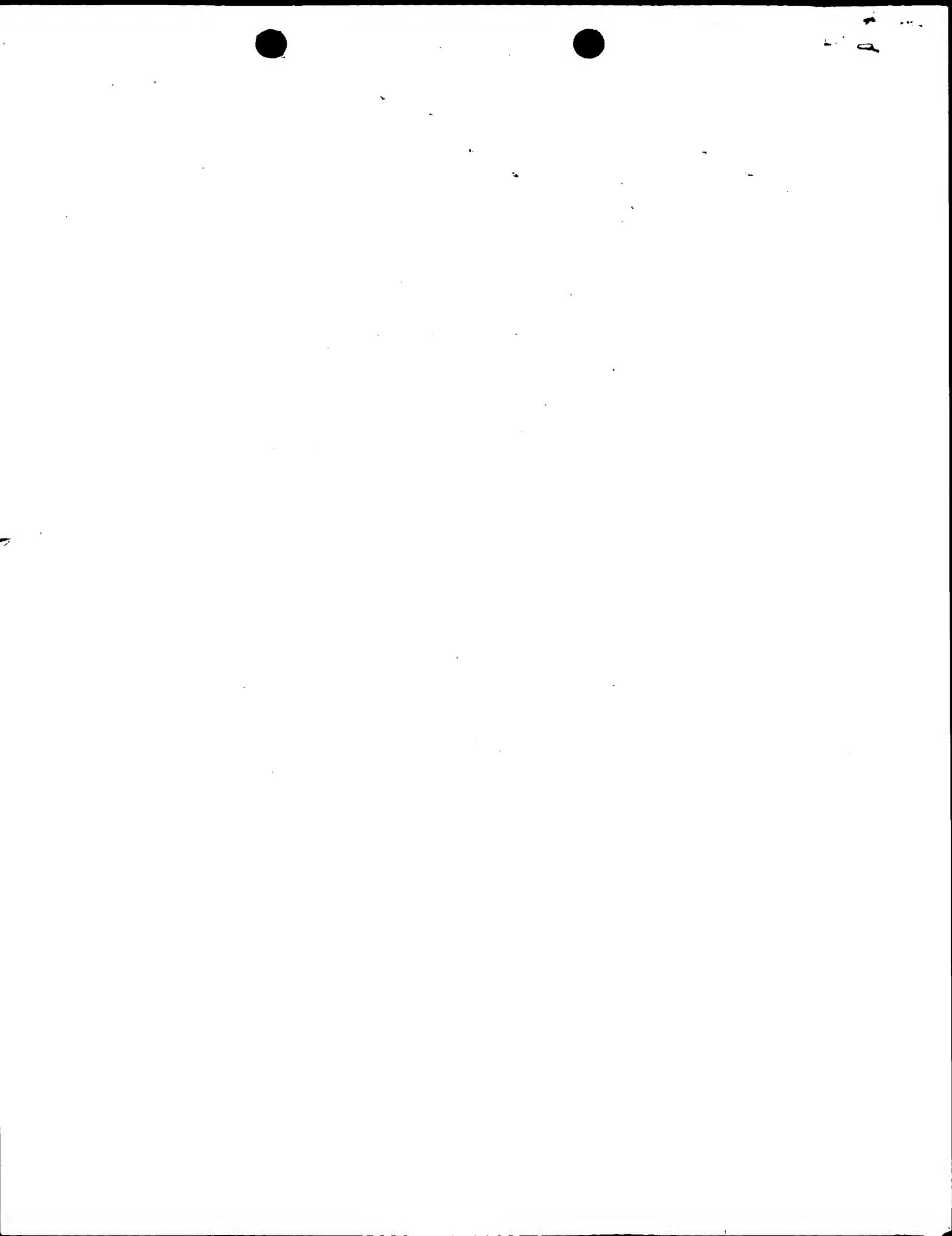
EC Classification: [C22C1/04F](#), [H01T1/24](#), [G10K15/06](#)

Equivalents: [JP61276549](#)

Abstract

1. Use of a sintered multi-phase tungsten alloy in which the proportion of tungsten is between 80 and 95%, and - in which the first phase comprises tungsten grains having an average diameter < 5 μ m and, - of which the second phase is a metal or an alloy containing one or more of the metals Ni, Cu, Fe, Co, Mo or Re as its main constituent, and - in which the tungsten grains of the first phase are encased and held together by the second phase, as electrode material for a spark gap for generating shock waves for medical purposes.

Data supplied from the [esp@cenet](#) database - I2



feinkörniges Material auch gegenüber der sehr mikroskopischen Belastung eines Funken einschlags als Verbundwerkstoff mit den kombinierten Eigenschaften hoher thermischer Belastbarkeit des Wolframs und hoher Festigkeit und Duktilität der Binderlegierung. Aufgrund der Feinkörnigkeit des Materials erfolgt der Abbrand der Elektroden sehr gleichmäßig. Dies bewirkt eine geringe Wanderung des Funken-Fußpunkts auf den Elektroden, so daß bei fokussierender Stoßwellenanwendung geringe Druckschwankungen bei aufeinanderfolgenden Funkenentladungen im zweiten Fokus auftreten. Grobkörnige Wolfram-Schwermetall-Elektroden, wie sie durch Flüssigphasensinterung erhalten werden, zeigen grob-ausbruchartigen Abbrand, der sehr starke Druckschwankungen bei der Fokussierung der Stoßwelle zur Folge hat.

Auch bei konventionell flüssigphasagesintertem, grobkörnigem Material ist eine hohe Festigkeit durch mechanische Umformung zu erzielen. Im erfundungsgemäßen Anwendungsfall wird jedoch das Material auch thermisch sehr hoch belastet. In einer oberflächennahen Zone werden dabei Temperaturen von 1450°C überschritten. Dies führt bei konventionell flüssigphasengesintertem Material, das durch mechanische Kaltverformung verfestigt wurde, zu einer Entfestigung durch Rekristallisation.

Der Abbrand derartiger Elektroden ist deutlich größer als von Elektroden mit feinkörnigem Gefüge. Im Rekristallisationsbereich der Elektroden sind Rißbildungen und Ausplatzungen zu erkennen, die sowohl zu verstärktem Abbrand als auch zu den o. g. irregulär ausgebildeten Funken führen, die nicht von der geometrischen Elektrodenspitze ausgehen und daher zu Druckschwankungen führen. Hohe Festigkeit auch in dem thermisch belasteten Bereich der Elektrodenspitzen kann daher nur über sehr feinkörniges Material erhalten werden. Physikalische Eigenschaften wie Wärmeleitfähigkeit und elektrische Leitfähigkeit des erfundungsgemäßen Materials unterscheiden sich nicht von grobkörnigem Material derselben Legierungszusammensetzung. Bei einem Wolframgehalt von 90 Gewichtsprozent der Legierung sind diese physikalischen Eigenschaften ungefähr so wie bei reinem Wolfram. Die Korrosionsbeständigkeit der erfundungsgemäßen Elektroden in wässrigen Medien und feuchter Luft ist deutlich besser als die der Stahlelektroden.

Beispiel:

Legiertes Wolfram-Schwermetallpulver der Zusammensetzung 90 Gew.-% Wolfram, 6 Gew.-% Nickel, 2 Gew.-% Kobalt, 2 Gew.-% Eisen wird unter allseitigem Druck zu Zylindern von 8 mm Ø und 60 mm Länge verpreßt. Der Preßdruck beträgt $300 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$. Die Preßlinge werden zunächst in Wasserstoffatmosphäre bei 900°C 10 h lang vorgesintert und anschließend im Vakuum bei einem Druck von 10^{-5} mbar 5 h bei 1360°C fertig gesintert. Die dann vorliegenden Rohlinge besitzen einen Durchmesser von ca. 5 mm bei einer Länge von 45 mm. Die Rohlinge werden durch spanende Formgebung in die gewünschte Elektrodenform gebracht. Der Abbrand derartiger Elektroden bei der Unterwasserfunkenentladung ist um einen Faktor 2,5 geringer als der gebräuchlicher Stahlelektroden.

Der Abbrand ist gleichmäßig über die Oberfläche im Bereich der Spitze verteilt.

Die äußere Schicht zeigt über eine Tiefe von ca.

25 µm ein Gefüge mit abgerundeten Wolframkörnern. Die Abrundung erfolgte durch Schmelzen der Binderlegierung unter dem Einfluß der Funkenentladung. Dabei erfolgt eine Ablattung der Wolframkörner am äußeren Rand unter dem Einfluß der Druckstöße. Im Kern der Elektrode liegt das typische Festphasen-Sintergefüge mit polygonalen Wolfram-Körnern vor.

